

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-083461

(43)Date of publication of application : 31.03.1998

(51)Int.Cl.

G06T 15/50

(21)Application number : 08-237608

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 09.09.1996

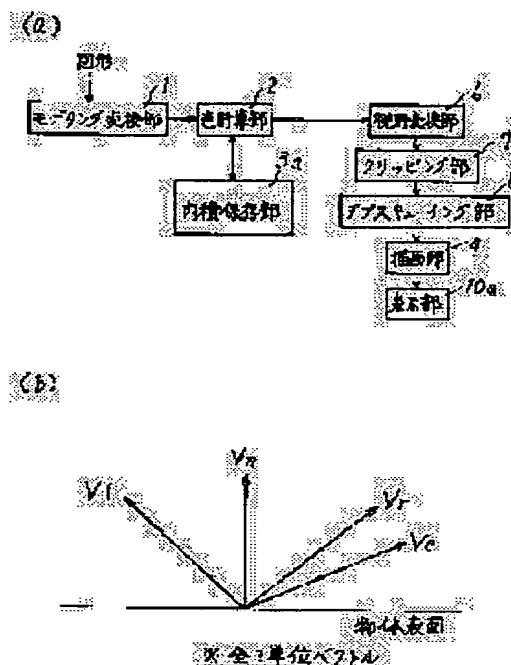
(72)Inventor : EGASHIRA SHINJI
KOJIMA HITOSHI
MIMA TOSHIYA

(54) DRAWING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To fast calculate a reflected color against parallel light rays of a certain graphic.

SOLUTION: This device which has a color calculating part 2 that calculates a reflected color of an object holds an inner product value of a unit normal vector V_n of the object and a unit vector V_l from the object to a light source, an inner product value of a unit vector V_e from the object to a viewpoint and the vector V_n of the object and an inner product value of the vector V_e from the object to the viewpoint and the vector V_l from the object to the light source by providing an inner product storing part 3a when a parallel light source is used and also parallel projection is performed. The part 2 repeatedly uses each inner product value that is held.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10 - 83461

(43) 公開日 平成 10 年 (1998) 3 月 31 日

(51) Int. Cl. ⁶

G06T 15/50

識別記号

庁内整理番号

F I

G06F 15/72

465

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平 8 - 237608

(22) 出願日 平成 8 年 (1996) 9 月 9 日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

(72) 発明者 江頭 伸二

神奈川県横浜市港北区新横浜 2 丁目 4 番 1 9 号 株式会社富士通プログラム技研内

(72) 発明者 小島 仁

神奈川県横浜市港北区新横浜 2 丁目 4 番 1 9 号 株式会社富士通プログラム技研内

(72) 発明者 美間 俊哉

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山谷 皓榮 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 図形描画装置

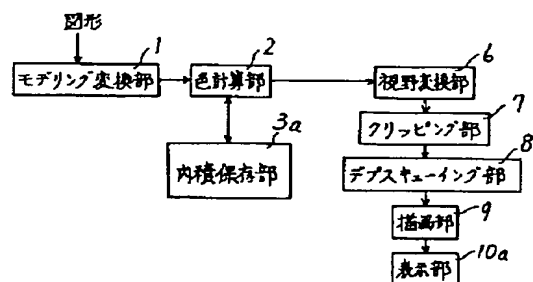
(57) 【要約】

【課題】 ある図形の平行光線に対する反射色の計算を、高速にできるようにすること。

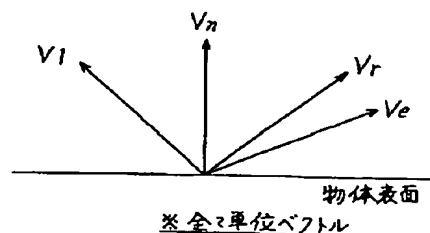
【解決手段】 物体の反射色を計算する色計算部 2 とを有する図形描画装置において、平行光源で、かつ、平行投影のときに、対象の単位法線ベクトル V_n と対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値と、対象から視点への単位ベクトル V_e と対象の単位法線ベクトル V_n の内積値と、対象から視点への単位ベクトル V_e と対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値とをそれぞれ保持する内積保存部 3a を備え、色計算部 2 は、前記保持した各内積値を繰り返し使用する。

本発明の原理説明図

(a) 装置構成の説明



(b) 色計算に使用するベクトルの説明



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 拡散反射係数と、対象の拡散色と、光源の色と、前記対象の単位法線ベクトルと前記対象から光源への単位ベクトルの内積値とから拡散反射色を計算し、鏡面反射係数と、前記対象の鏡面色と、前記光源の色と、前記対象の単位法線ベクトルと前記対象から光源への単位ベクトルの内積値と、前記対象から視点への単位ベクトルと前記対象の単位法線ベクトルの内積値と、前記対象から視点への単位ベクトルと前記対象から光源への単位ベクトルの内積値とから鏡面反射色を計算し、前記拡散反射色と前記鏡面反射色を加算して前記対象の反射色を計算する色計算部とを有する図形描画装置において、

平行光源で、かつ、平行投影のときに、前記対象の単位法線ベクトルと前記対象から光源への単位ベクトルの内積値と、前記対象から視点への単位ベクトルと前記対象の単位法線ベクトルの内積値と、前記対象から視点への単位ベクトルと前記対象から光源への単位ベクトルの内積値とをそれぞれ保持する内積保存部を備え、前記色計算部は、前記保持した各内積値を繰り返し使用することを特徴とした図形描画装置。

【請求項 2】 前記対象の単位法線ベクトルと前記対象から光源への単位ベクトルの内積値は、前記拡散反射色の計算で求めた値を前記内積保存部に保持し、前記鏡面反射色の計算で再利用することを特徴とした請求項 1 記載の図形描画装置。

【請求項 3】 前記対象から視点への単位ベクトルと前記対象の単位法線ベクトルの内積値は、前記鏡面反射色の計算時、前記平行光源が複数定義されている場合、ある頂点で一度求めた値を前記内積保存部に保持し、全ての前記平行光源での色計算にこの値を使用することを特徴とした請求項 1 記載の図形描画装置。

【請求項 4】 前記対象から視点への単位ベクトルと前記対象から光源への単位ベクトルの内積値は、ある光源で一度求めた値を前記内積保存部に保持し、全ての頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用することを特徴とした請求項 1 記載の図形描画装置。

【請求項 5】 ある図形の各頂点で前記拡散反射係数 K_d と前記対象の拡散色 O_d が同じであるとき、前記頂点毎の色計算の前に $K_d \times O_d$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色の計算でこの値を使用することを特徴とした請求項 1 記載の図形描画装置。

【請求項 6】 前記平行光源が一個のみのとき、前記 $K_d \times O_d$ の値にさらに前記光源の色 L_c を乗じた値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色の計算でこの値を使用することを特徴とした請求項 5 記載の図形描画装置。

【請求項 7】 ある図形の各頂点で前記鏡面反射係数 K_s と前記対象の鏡面色 O_s が同じであるとき、前記頂点毎

の色計算の前に $K_s \times O_s$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用することを特徴とした請求項 1 記載の図形描画装置。

【請求項 8】 前記平行光源が一個のみのとき、前記 $K_s \times O_s$ の値にさらに前記光源の色 L_c を乗じた値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用することを特徴とした請求項 7 記載の図形描画装置。

10 【請求項 9】 ある図形の各頂点で前記拡散反射係数 K_d が同じで、かつ、前記光源の色 L_c の平行光源が一個であるとき、前記頂点毎の色計算の前に $K_d \times L_c$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色の計算でこの値を使用することを特徴とした請求項 1 記載の図形描画装置。

20 【請求項 10】 ある図形の各頂点で前記鏡面反射係数 K_s が同じで、かつ、前記光源の色 L_c の平行光源が一個であるとき、前記頂点毎の色計算の前に $K_s \times L_c$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用することを特徴とした請求項 1 記載の図形描画装置。

【請求項 11】 ある図形の各頂点で前記対象の単位法線ベクトルが同じであるとき、前記頂点毎の色計算の前に、前記対象から視点への単位ベクトルと前記対象の単位法線ベクトルの内積を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用することを特徴とした請求項 1 記載の図形描画装置。

【請求項 12】 ある図形の各頂点で前記対象の単位法線ベクトルが同じで、かつ、前記平行光源が一個であるとき、前記頂点毎の色計算の前に、前記対象の単位法線ベクトルと前記対象から光源への単位ベクトルの内積を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色及び前記鏡面反射色の計算でこの値を使用することを特徴とした請求項 1 記載の図形描画装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、コンピュータグラフィックス分野の図形描画装置に関する。描画処理において、色計算は計算量が多いため大きなウェイトを占める。さらに、コンピュータグラフィックスは多くの分野で利用されるようになり、より高速な描画処理が望まれている。

【0002】

【従来の技術】 図 4 は反射色計算の説明図であり、図 4 (a) は拡散反射の反射モデル図、図 4 (b) は鏡面反射の反射モデル図、図 4 (c) は色計算に使用するベクトルの説明である。

【0003】 図 4 (a) において、拡散反射の反射光は、入射光に対して全ての方向に散乱される光である。図 4 (b) において、鏡面反射の反射光は、物体とのな

す角度 α の入射光が物体表面から反射される光である。なお、点線で示す広がり O_e は反射光の鏡面集中度を示している。この鏡面集中度 O_e は、その値が大きくなると集中度が良くなり広がり幅が小さくなる。

【0004】図4(c)において、色計算に使用するベクトルを示しており、対象物体から光源方向への単位ベクトルを V_l 、対象物体から法線方向への単位ベクトルを V_n 、対象物体から正反射方向への単位反射ベクトル

物体の反射色 = 拡散反射色 + 鏡面反射色 式1

拡散反射色 = $K_d * O_d * L_c * \text{DotProduct}(V_n, V_l)$ 式2

鏡面反射色 = $K_s * O_s * L_c * \text{DotProduct}(V_e, V_r)^{\theta}$ 式3

$V_r = 2 * \text{DotProduct}(V_n, V_l) * V_n - V_l$ 式4

ここで、

K_d : 拡散反射係数

K_s : 鏡面反射係数

O_d : 対象の拡散色

O_s : 対象の鏡面色

O_e : 対象の鏡面集中度

L_c : 光源の色

V_n : 対象の単位法線ベクトル

V_l : 対象から光源への単位ベクトル

V_e : 対象から視点への単位ベクトル

V_r : 対象からの単位反射ベクトル

$\text{DotProduct}(a, b)$: ベクトル a とベクトル b の内積
この色計算を図形の各頂点（例えば、図形が3角形であれば3つの頂点）に対して行ない、計算された色を線形補間して描画（スキャン）することによって、平行光源に対する物体の反射を表現できる。また、平行光源が複数定義されているときは、各光源に対して色計算を行ない、それぞれの和をとるようにする。

【0007】(2) : 平行光源に対する色計算の流れの説明

図5は従来の平行光源に対する色計算の流れの説明図である。以下、図5の処理S21～処理S28に従って説明する。なお、「W」は、繰り返しを意味している。

【0008】S21 : 図形の全ての頂点に対して処理S22と処理S23を繰り返す。

S22 : 反射色の合計をクリアする。

S23 : 全ての平行光源に対して処理S24～処理S28を繰り返す。

【0009】S24 : 拡散反射色を次のようにして計算する。

拡散反射色 = $K_d * O_d * L_c * \text{DotProduct}(V_n, V_l)$

S25 : 対象からの単位反射ベクトル V_r を次のようにして計算する。

【0010】

$V_r = 2 * \text{DotProduct}(V_n, V_l) * V_n - V_l$

S26 : 鏡面反射色を次のようにして計算する。

鏡面反射色 = $K_s * O_s * L_c * \text{DotProduct}(V_e, V$

を V_r 、対象物体から視線（視点）方向への単位ベクトルを V_e とする。

【0005】(1) : 色計算の説明

コンピュータグラフィックスにおいて、平行光源に対する物体の反射色は、一般的に以下のようにして計算する。なお、* は積を示している。

【0006】

S27 : 前記処理S24と処理S26より次のように反射色を計算する。

【0011】反射色 = 拡散反射色 + 鏡面反射色

S28 : 前の反射色の合計に今回の反射色を加算する。
反射色の合計 += 反射色（反射色の合計 = 反射色の合計 + 反射色）

20 【0012】

【発明が解決しようとする課題】前記のような従来のものにおいては、色計算の計算量が多いため、描画処理において大きなウェイトを占めていた。本発明は、このような従来の課題を解決し、ある図形の平行光源に対する反射色の計算を、高速にできるようにすることを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理説明図であり、図1(a)は装置構成の説明、図1(b)は色計算に使用するベクトルの説明である。図1中、1はモデリング変換部、2は色計算部、3aは内積保存部、6は視野変換部、7はクリッピング部、8はデプスキューイング部、9は描画部、10aは表示部、 V_l は対象から光源への単位ベクトル、 V_n は対象から法線方向への単位法線ベクトル、 V_r は対象から正反射方向への単位反射ベクトル、 V_e は対象から視点への単位ベクトルである。

【0014】本発明は前記従来の課題を解決するため次のように構成した。

(1) : 拡散反射係数と、対象の拡散色と、光源の色と、前記対象の単位法線ベクトル V_n と対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値とから拡散反射色を計算し、鏡面反射係数と、前記対象の鏡面色と、前記光源の色と、前記対象の単位法線ベクトル V_n と前記対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値と、前記対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象の単位法線ベクトル V_n の内積値と、前記対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値とから鏡面反射色を計算し、前記拡散反射色と前記鏡面反射色を加算して前記対象の反射色を計算する色計算部2

とを有する図形描画装置において、平行光源で、かつ、平行投影のときに、前記対象の単位法線ベクトル V_n と前記対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値と、前記対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象の単位法線ベクトル V_n の内積値と、前記対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値とをそれぞれ保持する内積保存部 3 a を備え、前記色計算部 2 は、前記保持した前記各内積値を繰り返し使用する。

【 0 0 1 5 】 (2) : 前記 (1) の図形描画装置において、前記対象の単位法線ベクトル V_n と前記対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値は、前記拡散反射色の計算で求めた値を前記内積保存部 3 a に保持し、前記鏡面反射色の計算で再利用する。

【 0 0 1 6 】 (3) : 前記 (1) の図形描画装置において、前記対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象の単位法線ベクトル V_n の内積値は、前記鏡面反射色の計算時、前記平行光源が複数定義されている場合、ある頂点で一度求めた値を前記内積保存部 3 a に保持し、全ての前記平行光源での色計算にこの値を使用する。

【 0 0 1 7 】 (4) : 前記 (1) の図形描画装置において、前記対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値は、ある光源で一度求めた値を前記内積保存部 3 a に保持し、全ての頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。

【 0 0 1 8 】 (5) : 前記 (1) の図形描画装置において、ある図形の各頂点で前記拡散反射係数 K_d と前記対象の拡散色 O_d が同じであるとき、前記頂点毎の色計算の前に $K_d \times O_d$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色の計算でこの値を使用する。

【 0 0 1 9 】 (6) : 前記 (5) の図形描画装置において、前記平行光源が一個のみのとき、前記 $K_d \times O_d$ の値にさらに前記光源の色 L_c を乗じた値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色の計算でこの値を使用する。

【 0 0 2 0 】 (7) : 前記 (1) の図形描画装置において、ある図形の各頂点で前記鏡面反射係数 K_s と前記対象の鏡面色 O_s が同じであるとき、前記頂点毎の色計算の前に $K_s \times O_s$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。

【 0 0 2 1 】 (8) : 前記 (7) の図形描画装置において、前記平行光源が一個のみのとき、前記 $K_s \times O_s$ の値にさらに前記光源の色 L_c を乗じた値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。

【 0 0 2 2 】 (9) : 前記 (1) の図形描画装置において、ある図形の各頂点で前記拡散反射係数 K_d が同じで、かつ、前記光源の色 L_c の平行光源が一個であるとき、前記頂点毎の色計算の前に $K_d \times L_c$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色の計

算でこの値を使用する。

【 0 0 2 3 】 (1 0) : 前記 (1) の図形描画装置において、ある図形の各頂点で前記鏡面反射係数 K_s が同じで、かつ、前記光源の色 L_c の平行光源が一個であるとき、前記頂点毎の色計算の前に $K_s \times L_c$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。

【 0 0 2 4 】 (1 1) : 前記 (1) の図形描画装置において、ある図形の各頂点で前記対象の単位法線ベクトル V_n が同じであるとき、前記頂点毎の色計算の前に、前記対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象の単位法線ベクトル V_n の内積を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。

【 0 0 2 5 】 (1 2) : 前記 (1) の図形描画装置において、ある図形の各頂点で前記対象の単位法線ベクトル V_n が同じで、かつ、前記平行光源が一個であるとき、前記頂点毎の色計算の前に、前記対象の単位法線ベクトル V_n と前記対象から光源への単位ベクトル V_l の内積を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色及び前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。

【 0 0 2 6 】 (作用) 前記構成に基づく作用を説明する。色計算部 2 で物体の反射色を計算する図形描画装置において、平行光源で、かつ、平行投影のときに、内積保存部 3 a に、対象の単位法線ベクトル V_n と対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値と、対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象の単位法線ベクトル V_n の内積値と、前記対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値とをそれぞれ保持し、前記色計算部 2 は、前記各内積値を繰り返し使用する。このため、色計算の処理量を削減することができ、描画処理を高速化することができる。

【 0 0 2 7 】 また、前記対象の単位法線ベクトル V_n と前記対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値は、前記拡散反射色の計算で求めた値を前記内積保存部 3 a に保持し、前記鏡面反射色の計算で再利用する。このため、前記鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 2 8 】 さらに、前記対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象の単位法線ベクトル V_n の内積値は、前記鏡面反射色の計算時、平行光源が複数定義されている場合、ある頂点で一度求めた値を前記内積保存部 3 a に保持し、全ての平行光源での色計算にこの値を使用する。このため、平行光源が複数定義されている場合の前記鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 2 9 】 また、前記対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値は、ある光源で一度求めた値を前記内積保存部 3 a に保持し、全ての頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。このため、前記鏡面反射色の計算をより高速化

することができる。

【 0 0 3 0 】さらに、ある図形の各頂点で前記拡散反射係数 K_d と前記対象の拡散色 O_d が同じであるとき、前記頂点毎の色計算の前に $K_d \times O_d$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色の計算でこの値を使用する。このため、前記拡散反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 3 1 】また、前記平行光源が一個のみのとき、前記 $K_d \times O_d$ の値にさらに前記光源の色 L_c を乗じた値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色の計算でこの値を使用する。このため、この時の前記拡散反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 3 2 】さらに、ある図形の各頂点で前記鏡面反射係数 K_s と前記対象の鏡面色 O_s が同じであるとき、前記頂点毎の色計算の前に $K_s \times O_s$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。このため、この時の前記鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 3 3 】また、前記平行光源が一個のみのとき、前記 $K_s \times O_s$ の値にさらに前記光源の色 L_c を乗じた値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。このため、この時の前記鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 3 4 】さらに、ある図形の各頂点で前記拡散反射係数 K_d が同じで、かつ、前記光源の色 L_c の平行光源が一個であるとき、前記頂点毎の色計算の前に $K_d \times L_c$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色の計算でこの値を使用する。このため、この時の前記拡散反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 3 5 】また、ある図形の各頂点で前記鏡面反射係数 K_s が同じで、かつ、前記光源の色 L_c の平行光源が一個であるとき、前記頂点毎の色計算の前に $K_s \times L_c$ を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。このため、この時の前記鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 3 6 】さらに、ある図形の各頂点で前記対象の単位法線ベクトル V_n が同じであるとき、前記頂点毎の色計算の前に、前記対象から視点への単位ベクトル V_e と前記対象の単位法線ベクトル V_n の内積を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。このため、この時の前記鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 3 7 】また、ある図形の各頂点で前記対象の単位法線ベクトル V_n が同じで、かつ、前記平行光源が一個であるとき、前記頂点毎の色計算の前に、前記対象の単位法線ベクトル V_n と前記対象から光源への単位ベクトル V_l の内積を計算した値を保持しておき、全ての前記頂点の前記拡散反射色及び前記鏡面反射色の計算でこの値を使用する。このため、この時の前記拡散反射色及び前記鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 3 8 】

【発明の実施の形態】図 2、図 3 は本発明の実施の形態を示した図であり、図 2 は図形描画装置の説明図、図 3 は平行光源に対する色計算の流れの説明図である。以下、図面に基いて本発明の実施の形態を説明する。

【 0 0 3 9 】（ 1 ）：図形描画装置の説明

図 2 において、図形描画装置には、モデリング変換部 1、色計算部 2、内積 1 保存部 3、内積 2 保存部 4、内積 3 保存部 5、視野変換部 6、クリッピング部 7、デプスキューイング部 8、描画部 9、CRT 10 が設けてある。

【 0 0 4 0 】モデリング変換部 1 は、入力された図形の各頂点を色計算のために、図形が定義されているモデリング座標系 MC から光源が定義されている世界座標系 WC に変換するものである。

【 0 0 4 1 】色計算部 2 は、世界座標系 WC に変換された図形の各頂点とあらかじめ定義された光源から反射色を計算する。このとき、視野変換が平行投影、かつ、平行光源であるなら本願手法（後で詳述する）の高速計算を行う。光源が平行光源以外のものを含むときは、平行光源を本願手法で計算し、他の光源を従来の手法で計算し、最後に和をとるものである。

【 0 0 4 2 】内積 1 保存部 3 は、内積 1 $[= \text{DotProduct}(V_n, V_l)]$ を保存するものである。内積 2 保存部 4 は、内積 2 $[= \text{DotProduct}(V_e, V_n)]$ を保存するものである。内積 3 保存部 5 は、内積 3 $[= \text{DotProduct}(V_e, V_l)]$ を保存するもので、全ての平行光源に対して平行光源数だけ設けてある。

【 0 0 4 3 】視野変換部 6 は、各頂点の座標を世界座標系 WC からデバイス座標系 DC に変換するものである。クリッピング部 7 は、図形をクリッピング枠でクリッピングするものである。デプスキューイング部 8 は、各座標値の Z 値（奥行き値）に応じて各頂点の色を変更する（例えば、奥に行くほど暗くする）。

【 0 0 4 4 】描画部 9 は、図形の頂点色を線形補間しながら CRT に描画するものである。CRT 10 は、陰極線管を使用した表示部である。なお、図 2 の例において、色計算部 2 は、他の処理部と独立しているので、これらの処理部にサブセット（例えば、デプスキューイング部 8 を省略した装置にする等）、あるいは、別の組み合わせ（例えば、クリッピング部 7 とデプスキューイング部 8 の処理順序を逆にする等）の応用が可能である。

【 0 0 4 5 】（ 2 ）：描画処理の高速化の説明

この発明は、ある図形の平行光源に対する反射色の計算を、従来の計算より高速化するものである。まず、高速化を行う条件を定義する。

【 0 0 4 6 】（条件 1）光源は、平行光源である。

（条件 2）平行投影である（視点が無限遠点にある）。この条件から、前記式 1 ～ 式 4 の成分に対して、次のことが言える。

【 0 0 4 7 】 (a) : 前記条件 1 から、対象から光源への単位ベクトル V_1 は全ての頂点で同じである。

(b) : 前記条件 2 から、対象から視点への単位ベクトル V_e は全ての頂点で同じである。

$$\text{DotProduct}(V_e, V_r) = 2 * \text{DotProduct}(V_n, V_1) * \text{DotProduct}(V_e, V_n) - \text{DotProduct}(V_e, V_1) \dots \dots \dots \text{式 5}$$

この式 5 を分析すると、次のことがわかる。

【 0 0 4 9 】 (A) $\text{DotProduct}(V_n, V_1)$ は、前記式 2 でも現れる。

(B) $\text{DotProduct}(V_e, V_n)$ は、光源には無関係である。

(C) $\text{DotProduct}(V_e, V_1)$ は、ある光源においては全ての頂点で同じ値になる。

【 0 0 5 0 】 以上のことから、色計算の処理量を以下のような手法により削減する。

(a) : 前記 (A) から、拡散反射色の計算において、この項 $[\text{DotProduct}(V_n, V_1)]$ の値を保持しておき、鏡面反射色の計算で再利用する。

【 0 0 5 1 】 (b) : 前記 (B) から、複数の光源に対し、各光源毎に計算する必要がないため、一度計算した値を保持しておき、全ての平行光源に対する計算時にこの値を使用することができる。

【 0 0 5 2 】 (c) : 前記 (C) から、一度計算した値を保持しておき、同一平面上にある一つの図形面を構成する全ての頂点の計算の際にこの値を使用することができる。

【 0 0 5 3 】 以上の手法を実施することにより、描画処理が高速化できる。

(3) : 色計算の流れの説明

図 3 は平行光源に対する色計算の流れの説明図である。以下、図 3 の処理 S 1 ~ 処理 S 1 6 に従って説明する。ここでは、平行光源数を n とし、平行光源 $i = 0, 1, \dots, n-1$ とする。

【 0 0 5 4 】 S 1 : 色計算部 2 は、平行投影かどうかを判断する。

S 2 : 色計算部 2 は、前記処理 S 1 の判断で、平行投影でない場合は従来の計算方法により色計算を行ない、この処理を終了する。

【 0 0 5 5 】 S 3 : 色計算部 2 は、前記処理 S 1 の判断で、平行投影の場合は、全ての平行光源に対して処理 S 4 と処理 S 5 を繰り返す (平行光源 $i = 0, 1, \dots, n-1$ の平行光源数 n 回繰り返す) 。

【 0 0 5 6 】 S 4 : 色計算部 2 は、各平行光源に対して次の内積 3 の計算をする。

$$\text{内積 3}[i] = \text{DotProduct}(V_e, V_1)$$

S 5 : 色計算部 2 は、前記処理 S 4 で計算した内積 3 $[i]$ を内積 3 保存部 5 に保存する。

【 0 0 5 7 】 S 6 : 色計算部 2 は、図形の全ての頂点に対して処理 S 7 ~ 処理 S 1 0 を繰り返す。

S 7 : 色計算部 2 は、反射色の合計をクリアする。

【 0 0 4 8 】 次に、前記式 3 の $\text{DotProduct}(V_e, V_r)$ を、前記式 4 を用いて展開し、次のように変形する。

【 0 0 5 8 】 S 8 : 色計算部 2 は、次の内積 2 の計算をする。

$$\text{内積 2} = \text{DotProduct}(V_e, V_n)$$

S 9 : 色計算部 2 は、前記処理 S 8 で計算した内積 2 を内積 2 保存部 4 に保存する。

【 0 0 5 9 】 S 1 0 : 色計算部 2 は、全ての平行光源に対して処理 S 1 1 ~ 処理 S 1 6 を繰り返す ($n =$ 平行光源数 ; $i = 0, 1, \dots, n-1$) 。

S 1 1 : 色計算部 2 は、次の内積 1 の計算をする。

$$\text{【 0 0 6 0 】 内積 1} = \text{DotProduct}(V_n, V_1)$$

S 1 2 : 色計算部 2 は、前記処理 S 1 1 で計算した内積 1 を内積 1 保存部 3 に保存する。

【 0 0 6 1 】 S 1 3 : 色計算部 2 は、内積 1 保存部 3 の内積 1 を使用して拡散反射色を次のように計算する。

$$\text{拡散反射色} = K_d * O_d * L_c * \text{内積 1}$$

S 1 4 : 色計算部 2 は、内積 1 保存部 3 の内積 1、内積 2 保存部 4 の内積 2、内積 3 保存部 5 の内積 3 $[i]$ を使用して鏡面反射色を次のように計算する。

$$\text{【 0 0 6 2 】 鏡面反射色} = K_s * O_s * L_c * (2 * \text{内積 1} * \text{内積 2} - \text{内積 3}[i])^2$$

S 1 5 : 色計算部 2 は、前記処理 S 1 4 と処理 S 1 5 の計算結果から次のように反射色を計算する。

$$\text{【 0 0 6 3 】 反射色} = \text{拡散反射色} + \text{鏡面反射色}$$

S 1 6 : 色計算部 2 は、前の反射色の合計に今回の反射色を加算する。全部で平行光源数 n 回の反射色の合計を行って、一つの頂点の処理が終了することになる。

$$\text{【 0 0 6 4 】 反射色の合計} = \text{反射色} \quad (\text{反射色の合計} = \text{反射色の合計} + \text{反射色})$$

(4) : 他の実施の形態

a : ある図形の各頂点で拡散反射係数 K_d と拡散色 O_d が同じであるとき、頂点毎の色計算の前に $K_d \times O_d$ を計算した値を保存部 (図示せず) に保持し、全ての頂点の拡散反射色の計算でこの値を使用することができる。このように、一つの面では材質が同じでしかも拡散反射係数 K_d と拡散色 O_d が同じことが多いため、この時の拡散反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 6 5 】 b : ある図形の各頂点で鏡面反射係数 K_s と鏡面色 O_s が同じであるとき、頂点毎の色計算の前に $K_s \times O_s$ を計算した値を保存部 (図示せず) に保持し、全ての頂点の鏡面反射色の計算でこの値を使用することができる。このように、一つの面では材質が同じで鏡面反射係数 K_s と鏡面色 O_s が同じことが多いため、この時の鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【 0 0 6 6 】 c : 平行光源が一個のみのときで、拡散反

射係数 K_d と拡散色 O_d が同じであるとき、 $K_d \times O_d$ の値に光源の色 L_c を乗じた値を保存部（図示せず）に保持し、全ての頂点の拡散反射色の計算でこの値を使用することができる。このため、この時の拡散反射色の計算を高速化することができる。

【0067】 d ：平行光源が一個のみのときで、鏡面反射係数 K_s と鏡面色 O_s が同じであるとき、 $K_s \times O_s$ の値に光源の色 L_c を乗じた値を保存部（図示せず）に保持し、全ての頂点の鏡面反射色の計算でこの値を使用することができる。このため、この時の鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【0068】 e ：ある図形の各頂点で拡散反射係数 K_d が同じで、かつ、平行光源が一個であるとき、頂点毎の色計算の前に $K_d \times L_c$ を計算した値を保存部（図示せず）に保持し、全ての頂点の拡散反射色の計算でこの値を使用することができる。このため、この時の拡散反射色の計算を高速化することができる。

【0069】 f ：ある図形の各頂点で鏡面反射係数 K_s が同じで、かつ、平行光源が一個であるとき、頂点毎の色計算の前に $K_s \times L_c$ を計算した値を保存部（図示せず）に保持し、全ての頂点の鏡面反射色の計算でこの値を使用することができる。このため、この時の鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【0070】 g ：ある図形の各頂点で単位法線ベクトル V_n が同じであるとき、頂点毎の色計算の前に $\text{DotProduct}(V_e, V_n)$ を計算した値を保存部（図示せず）に保持し、全ての頂点の鏡面反射色の計算でこの値を使用することができる。このため、この時の鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【0071】 h ：ある図形の各頂点で単位法線ベクトル V_n が同じで、かつ、平行光源が一個であるとき、頂点毎の色計算の前に $\text{DotProduct}(V_n, V_l)$ を計算した値を保存部（図示せず）に保持し、全ての頂点の拡散反射色及び鏡面反射色の計算でこの値を使用することができる。このため、この時の拡散反射色及び鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば次のような効果がある。

(1)：色計算部で物体の反射色を計算する図形描画装置において、平行光源で、かつ、平行投影のときに、内積保存部に、対象の単位法線ベクトル V_n と対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値と、対象から視点への単位ベクトル V_e と対象の単位法線ベクトル V_n の内積値と、対象から視点への単位ベクトル V_e と対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値とをそれぞれ保持し、前記色計算部は、前記各内積値を繰り返し使用するため、色計算の処理量を削減することができ、描画処理を高速化することができる。

【0073】 (2)：対象の単位法線ベクトル V_n と対

象から光源への単位ベクトル V_l の内積値は、拡散反射色の計算で求めた値を内積保存部に保持し、鏡面反射色の計算で再利用するため、鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【0074】 (3)：対象から視点への単位ベクトル V_e と対象の単位法線ベクトル V_n の内積値は、鏡面反射色の計算時、平行光源が複数定義されている場合、ある頂点で一度求めた値を内積保存部に保持し、全ての平行光源での色計算にこの値を使用するため、平行光源が複数定義されている場合の鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【0075】 (4)：対象から視点への単位ベクトル V_e と対象から光源への単位ベクトル V_l の内積値は、ある光源で一度求めた値を内積保存部に保持し、全ての頂点の鏡面反射色の計算でこの値を使用するため、鏡面反射色の計算をより高速化することができる。

【0076】 (5)：ある図形の各頂点で拡散反射係数 K_d と対象の拡散色 O_d が同じであるとき、頂点毎の色計算の前に $K_d \times O_d$ を計算した値を保持しておき、全ての頂点の拡散反射色の計算でこの値を使用するため、この時の拡散反射色の計算を高速化することができる。

【0077】 (6)：平行光源が一個のみのとき、 $K_d \times O_d$ の値にさらに光源の色 L_c を乗じた値を保持しておき、全ての頂点の拡散反射色の計算でこの値を使用するため、この時の拡散反射色の計算を高速化することができる。

【0078】 (7)：ある図形の各頂点で鏡面反射係数 K_s と対象の鏡面色 O_s が同じであるとき、頂点毎の色計算の前に $K_s \times O_s$ を計算した値を保持しておき、全ての頂点の鏡面反射色の計算でこの値を使用するため、この時の鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【0079】 (8)：平行光源が一個のみのとき、 $K_s \times O_s$ の値にさらに光源の色 L_c を乗じた値を保持しておき、全ての頂点の鏡面反射色の計算でこの値を使用するため、この時の鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【0080】 (9)：ある図形の各頂点で拡散反射係数 K_d が同じで、かつ、光源の色 L_c の平行光源が一個であるとき、頂点毎の色計算の前に $K_d \times L_c$ を計算した値を保持しておき、全ての頂点の拡散反射色の計算でこの値を使用するため、この時の拡散反射色の計算を高速化することができる。

【0081】 (10)：ある図形の各頂点で鏡面反射係数 K_s が同じで、かつ、光源の色 L_c の平行光源が一個であるとき、頂点毎の色計算の前に $K_s \times L_c$ を計算した値を保持しておき、全ての頂点の鏡面反射色の計算でこの値を使用するため、この時の鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【0082】 (11)：ある図形の各頂点で対象の単位法線ベクトル V_n が同じであるとき、頂点毎の色計算の

前に、対象から視点への単位ベクトル V_e と対象の単位法線ベクトル V_n の内積を計算した値を保持しておき、全ての頂点の鏡面反射色の計算でこの値を使用するため、この時の鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【0083】(12) : ある図形の各頂点で対象の単位法線ベクトル V_n が同じで、かつ、平行光源が一個であるとき、頂点毎の色計算の前に、対象の単位法線ベクトル V_n と対象から光源への単位ベクトル V_l の内積を計算した値を保持しておき、全ての頂点の拡散反射色及び鏡面反射色の計算でこの値を使用するため、この時の拡散反射色及び鏡面反射色の計算を高速化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理説明図である。

【図2】実施の形態における図形描画装置の説明図である。

【図3】実施の形態における平行光源に対する色計算の

流れの説明図である。

【図4】反射色計算の説明図である。

【図5】従来の平行光源に対する色計算の流れの説明図である。

【符号の説明】

- 1 モデリング変換部
- 2 色計算部
- 3 a 内積保存部
- 6 視野変換部
- 7 クリッピング部
- 8 デプスキューイング部
- 9 描画部
- 10 a 表示部

V_l 対象から光源への単位ベクトル

V_n 対象から法線方向への単位法線ベクトル

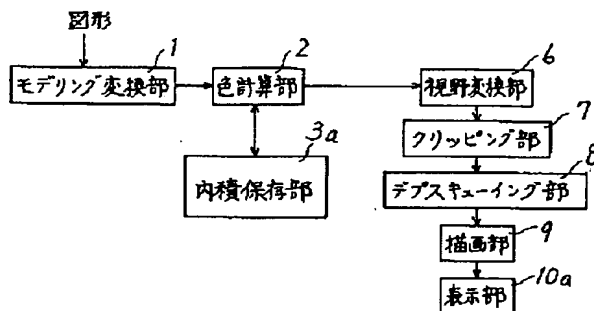
V_r 対象から正反射方向への単位反射ベクトル

V_e 対象から視点への単位ベクトル

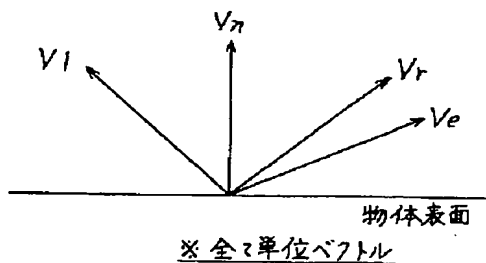
【図1】

本発明の原理説明図

(a) 装置構成の説明

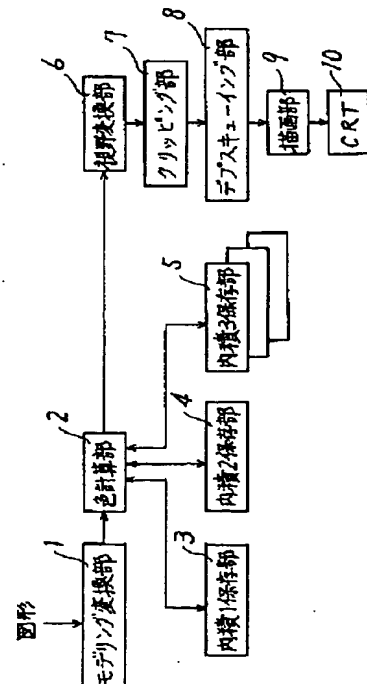


(b) 色計算に使用するベクトルの説明



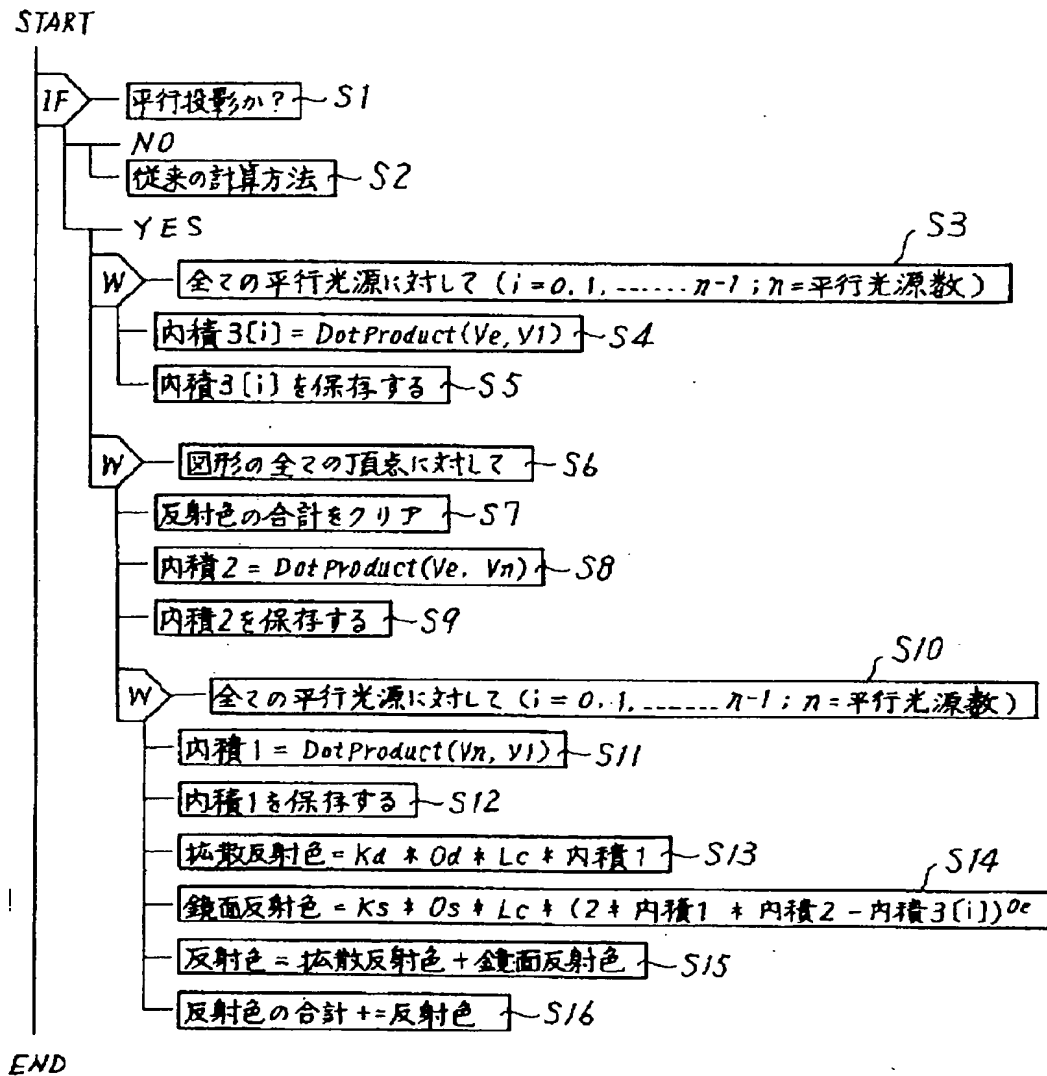
【図2】

図形描画装置の説明図



【図 3】

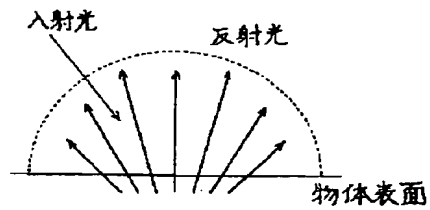
平行光源に対する色計算の流れの説明図



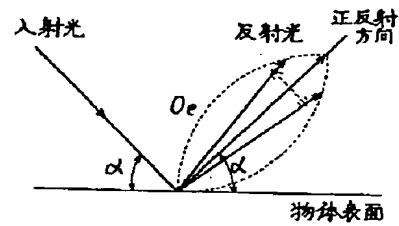
【 図 4 】

反射色計算の説明図

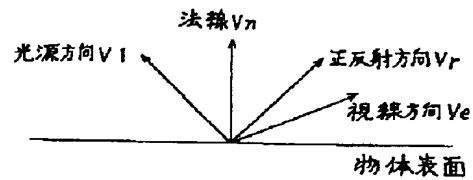
(a) 拡散反射の反射モデル図



(b) 鏡面反射の反射モデル図



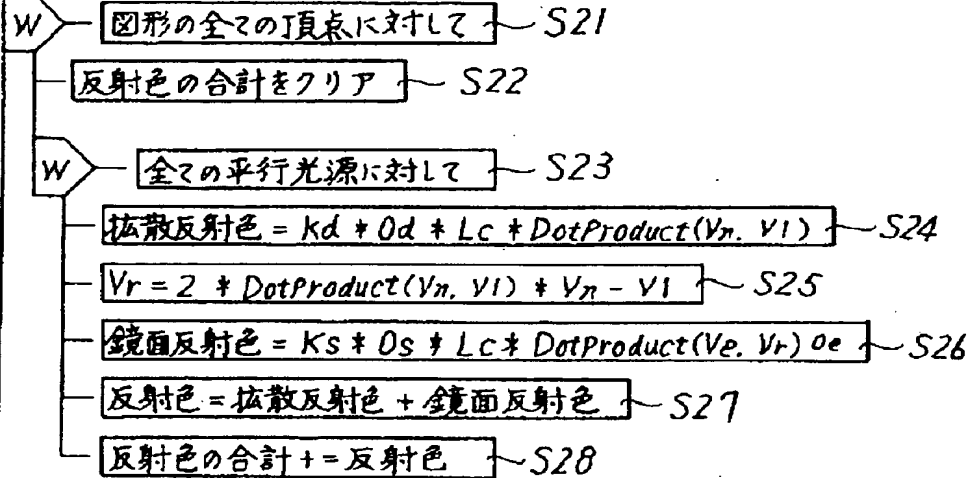
(c) 色計算に使用するベクトルの説明



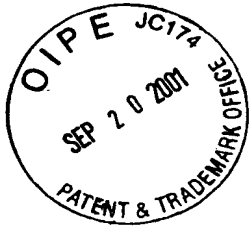
【 図 5 】

従来の平行光源に対する色計算の流れの説明図

START



END



THIS PAGE BLANK (USPTO)